新制靈臺儀象志





儀象志

新製靈臺儀象志卷之二

治理歷法極西南懷仁纂著

右監副劉蘊德筆受
春官正孫有本
秋官正徐　瑚　詳受

諸儀之用條目

歷法之本。在於測驗。而測驗之條目。葢甚繁也。然得其一。而他可推。得其全。而一乃貫。今臚列諸儀之爲用。各有攸當者數十條。使學者有所持循焉。至其理之深微。法之詳密。則有新法歷指諸書在。所當畢慮而研究之者也。

地平經緯儀之用

一測定南北線

一測定極之出入地平度分

一測定清蒙氣差

一測黃赤二道相距度分

一測二十四節氣

一不拘何時刻測七政及諸星地平經緯度

一測太陽最高之處及兩心相距之差

一測日月之視差并日月及諸星離地近遠若干

一測諸星赤道緯度

一測赤道及地平緯圈於某星互相交角係若干度分

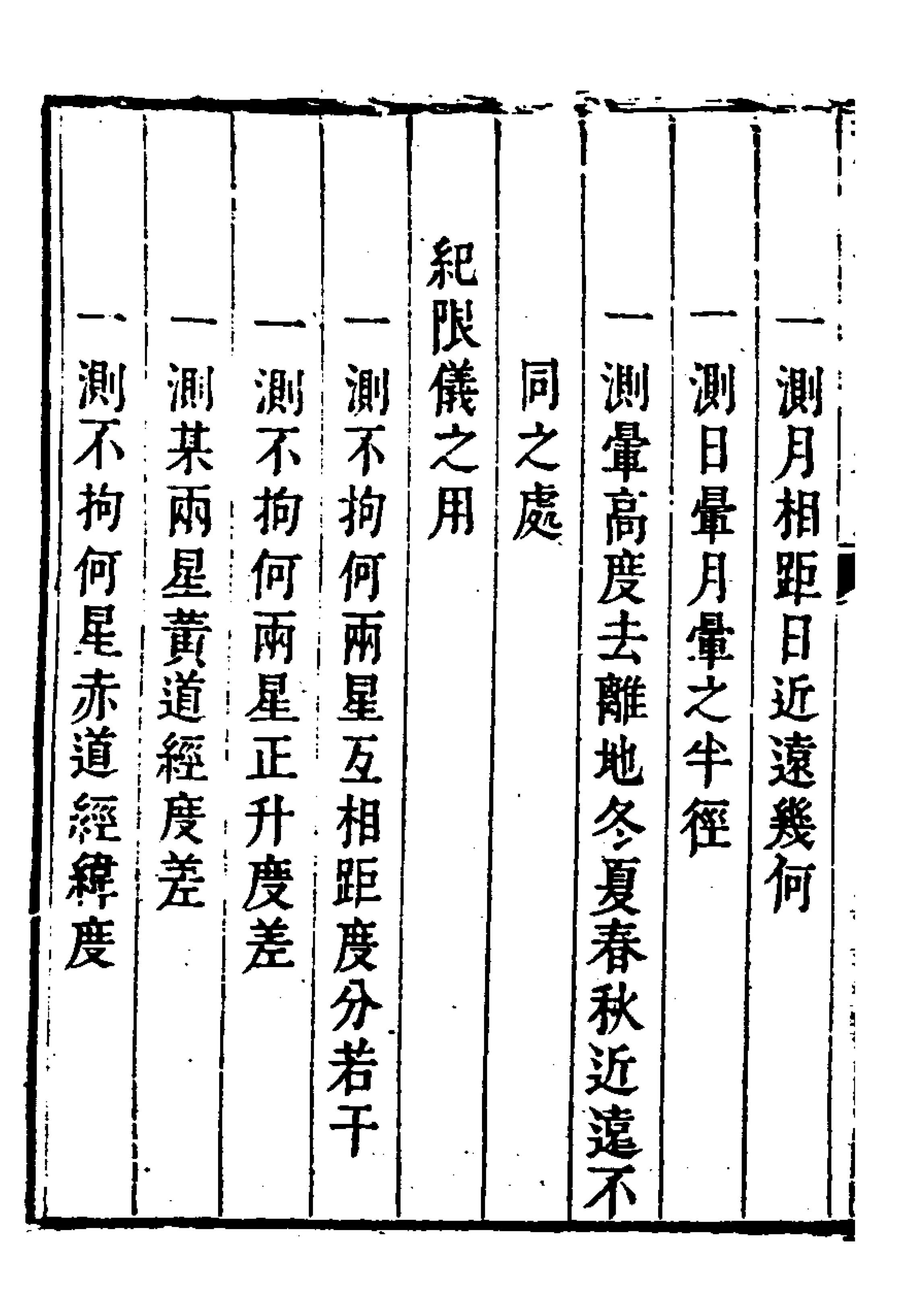
一測黃道在天中度係何宮度

一測黃道並地平緯圈於太陽中心互相交角係若干度分

一測日月諸星出入之廣度

一測地平及赤道緯圈於某星出入時互相交角係若干度分

一測黃道九十度限在地平高度



一測月相距日近遠幾何

一測日暈月暈之半徑

一測暈高度去離地冬夏春秋近遠不

同之處

紀限儀之用

一測不拘何兩星互相距度分若干

一測不拘何兩星正升度差

一測某兩星黃道經度差

一測不拘何星赤道經緯度

一測日月全徑

一測日暈月暈半徑

赤道經緯儀之用

一測七政諸星赤道經緯度

一測黃赤二道相距度分

一測某星高度

一測某星黃道經緯度

一測黃赤二道緯圈於某星互相交角

係度分若干

一測赤道緯圈於黃道經圈互相交角係度分若干

一測黃道緯圈於赤道經圈互相交角係度分若干

一測黃道及天頂圈于太陽中心互相交角所係度分若干

一測黃道在天之中度係何宮度分

一測日月諸星出入之廣度

一測地平及赤道緯圈于某星出入時

互相交角係若干度分

一測黃道升降度分

一測某星同黃道何度分出入地平

一測某星同黃道何度分在天中

黃道經緯儀之用

一測七政諸星黃道經緯度

一測黃赤二道相距度分

一測黃道子午圈互相交角係度分若干

一測某星赤道經緯度

一測黃赤二道緯圈于某星互相交角

係若干度分

一測赤道緯圈于黃道經圈互相交角

係度分若干

一測兩星互相距度分

一測黃道緯圈于赤道經圈互相交角

係度分若干

一測某星同黃道何度分出入地平

一測于某時黃赤二道之某度出入度分

一測黃道九十度限係何宫度分

天體儀之用

天體儀者。諸儀之所統宗者也。其理詳見於新法渾天儀說中。今止列其條目如後。

一求北極出地度

一求太陽躔度

一求恒星黃道經緯度

一求太陽赤經緯

一求恒星赤經緯

一求黃道每度赤道緯

一求黃道各弧出沒之距時

一求兩星出沒之距時

一求星出沒與在地平上之時

一求黃道升降度

一求黃道見與不見之弧

一求星當見之時

一以晝長時復求北極出地高

一求晝時刻

一求朦朧時刻

一求距太陽出入前後時刻

一求七曜時分

一求夜時刻

一求太陽等曜距午正之弧

一求日月食之原

一求交食方位

一以經及方向求距與緯

一以緯與距度推經及方向

一以距及方向推經緯

一大小圈度相應表

新儀之適於用

儀之式有二。一曰內式。一曰外式。內式爲儀之模而以肖乎本象者也。在天有赤道儀之象。因定本儀爲赤道之儀而用之。則必與在天之赤道經緯圈相似。所謂內式也。若夫外式。則取乎綴飾以美觀。且兼於適用。令彼此不相滯礙。乃爲得耳。然從來創儀者。多用心於綴飾。而罕加意於適用。儀之所以弊也。今之創制夫儀也。惟務脗合乎天行。脗合乎本曆

之法。爲第一儀。而便用次之。綴飾又次之。元與明世之儀。不適於用之處有三。其一則不明透。如簡儀渾儀諸圈。內多有交梁窺表稠密。其規面側面皆粗厚。其座架左右上下。俱有銅柱縱橫相交。以故東西南北多許之星窺表不能對照焉。若天頂立運圈。則隱於簡儀之下。一切在南之星難以窺之。若渾儀半隱於四面銅箱之內縱有星象其在地平下時一切不見今六儀之爲制也上下左右極

其明透。而東西南北渾天之星。無不明顯。而可以對照焉。觀新儀之圖象。則卽了然於心目間矣。其一則難窺測。蓋儀之四維。多粗銅交梁立柱座架諸類。非但爲象緯之蔀障。抑凡遮蔽人目。甚不便於窺測也。況測天之法。必以多人叅同窺測爲準。今新儀備極玲瓏。東西南北無所隔礙。使窺測者之目。上下左右諸圈諸表。無不豁然而易見。如黃赤兩儀。其經緯諸圈。虛懸於中。惟南北二角。餙以細

身之龍爲之座架而並無所礙也地平經儀從地平周圍至天頂無所不見象限儀亦然若夫百遊紀限儀較之諸儀更爲活潑而易於對照凡天上正斜橫諸道及諸星之行度皆可任意以測之焉至于天體儀之諸星諸道較在天之諸星諸道明晰無異也舉地平下并南極密近之諸星諸道舉中夏之人目力所不能至者而今則有如數指上螺文矣是何也諸儀之樞軸皆靈透而便於對其架座

文細巧而不蔽於儀此固善矣且傍各儀之四圍層級其石以為階使窺步者登降從心有快於目則尤其法之曲盡也其一則難對定蓋簡儀衡表及內圜必須一二人之力以轉動之此一轉動也亦必用力强推之勢難從容漸次移對夫度分也至若渾儀必更藉數人之力以轉動焉是豈可施之于用也哉若夫新儀則不然形製雖較舊儀加大而運旋則甚靈敏也如象限儀黃赤諸儀一舉手

而可以轉動。且元明之儀。每種極其重滯。假使地基傾陷。或地有動時。儀即因之而偏垂矣。若欲安對非需數十人之力不可也。夫元之渾儀。縱有可用。然不過如其歷法用之于燕京。不能通于各省也。原夫南北兩極與子午圈。皆爲一定。而上下不能轉移故耳。若新製之儀。無論地基之有所傾陷。與地動之有所偏垂。一俄頃間。而一人之力。即可以安對而有餘。蓋新儀各依舉重學之法。有螺旋轉

左右上下。皆可推移而安對之。雖一分秒之細微。亦不捎也。天體別有輪法以消息之。纔有五千斤之重。而一人用四斤之力。即可旋轉如意。以測夫天下各省北極之高度。總之用法無不可通。故即此一儀之地平。亦即可以爲天下各省之地平。而用之以測驗渾天之象焉。

新儀體鉅極分秒之明晰

凡儀之大小。式無一定。必以無過不及之差者爲準則焉。何也。儀大則分劃詳悉而分秒畢清。儀小則分劃簡略而度分疏漏。夫毫厘之差。謬以千里。創儀用以測天。是烏容草率而爲之。然定儀之大小。以徑線爲準。前代諸儀徑線極大。不踰五尺二寸。新儀之徑即小者六尺有餘。大則一丈二尺。抑思從來歷家創制儀器。務爲廣大者。無非欲每度寬濶。其地

得以細劃分秒而已。然卒未有得法而曲盡

其善者也。蓋儀器之貴乎大。非爲其形體之

鉅。有足觀也。亦在乎每度加廣。使分秒有餘

地之可容耳。今新儀則每度加廣。纖悉畢具。

是何也。新儀另用負圈表。因可以得負圈角。

故有餘地可容。而分劃得全也。在舊儀止容

其半已耳。然則新儀之小者。全徑六尺。卽可

當一丈二尺。見十三圖卯乙丙象限儀。其全徑甲

乙丁一丈二尺。若用其全徑甲乙丁以爲負

圈表之衡。則甲乙丁爲大圈之半徑。而甲丁
戊角爲負圈角。幾何原本云詳見三卷二十題負圈
角。與分圈角所負所分之圈分同。則分圈角
必倍大於負圈角。盖甲乙戊外角與相對之
內兩角。乙戊丁角及乙丁戊相併必等。今乙
戊丁角與乙丁戊角相等。則甲乙戊角倍大
於乙丁戊角明矣。故象限儀甲丁戊負圈角
之度分。倍大於甲乙戊分圈角之度分。今按
前所論此圈之度分。與彼圈之度分大小若

干。則此之徑與彼之徑大小亦若干。此論線之比例也。若論面與體之比例。又不同矣。蓋線與線。如一與二爲単比例。此面與彼面相比。如一與四爲再加之比例。此體與彼體相比。如一與八爲三加之比例。如元之渾天與今之天體相較比例之多寡有三焉。蓋渾天之徑線四尺四寸。不及天體之徑線約有六尺。則徑與徑。如四十四與六十。此爲単比例。就徑推儀面。則元儀面與天體儀面。約有四

十四與八十二。此爲再加之比例。故天體之所劃星宿度數之周面。較元之渾天約大一倍。若就徑而推兩儀之體所容載。則用三加之比例。即元儀之體所容載。較新儀如四十四與一百十二云。

新儀分法之細微

儀之務爲覃精者曷在乎。在於度分之細微也。夫古者之造儀。類必恢宏其制者。豈非欲得以分度之細微哉。然分度之細微。非僅在一度之廣太而已也。要在乎一度之分法焉。如先代元明之儀。有度之數。無度之分。然卽有度之分。縱極其細微。不過十分已耳。若夫新儀則有異。葢每一度爲六十分。而每一分又分爲四細分。則一度爲二百四十分。而每一

細分。當十五秒。較之舊儀所爲極細者。細於二十四倍矣。又有每度三百六十細分。每一分當十秒。如用負圈表、加細一倍。而每度可分七百二十分。則比舊儀。細於七十二倍矣。且每度可分六百細分。如象限儀、紀限儀每一分當六秒。則比舊儀細於六十倍矣。若象限紀限等儀。用負圈之角。則每二度當筭一度。而此一度細分共一千二百分。每一分當三秒。則細比舊儀百二十倍矣。夫此細分度

之法原從三角形內平行線之比例而生。蓋三角形每對角之線。任爲若干分。從各分作線與腰線平行。必分底而底之分與弦之比例適相等。（見十四圖）甲乙丙爲勾股形。甲乙爲弦。弦之對角甲丙乙。甲丙爲股。今將弦即甲乙線四分之。又從各分至勾上引線與股平行。此線必亦四分勾線甲丙。而甲乙弦線若干分之比例。必與甲丙勾線若干分之比例相等矣。甲丙及丁乙。即方形之長線。爲此一度。

與彼一度之界線甲丁及丙乙。卽方形之短線。爲一度之所容。并方形上下之底。此形又平分。見十四圖或六或十二小方形。以長線爲界以短線爲底而每方形丙內。作對角之線爲弦。每弦十分之。則六弦共六十分。葢窺表之指線。恒交每弦之線。見十五圖又與方形之界線恒平行。以相等之比例。必分每一度之底線。卽每一度方形之底。以六十平分矣。夫對角之弦平分若干分。則窺表之指線平分若干。然指線十分之。

每一分又平分或四。見十五圖或六或十等細分。故每一度或有二百四十。或三百六十。或六百等細分。而每細分。當算度分之幾秒焉。此言細分度之法也。如論分時刻之法。前代之儀分晝夜一百刻。每時八刻零有二分刻之一。其爲不合乎天。已詳辨於不得已辨。新曆曉惑諸書中。雖其所分一刻極細者。止三十六分已耳。今之新儀分晝夜以九十六刻。每時八刻。並無奇零。又每一刻十五分。見十一圖每

一分以對角線之比例。爲十二分而細分之。則每一分當十秒。而一刻共九百秒。是比之舊儀。細之又細矣。

新儀堅固之理

夫歷之爲學也。其理其法。必有先後之序。漸以及焉。故由易可以入難。而由小可以推大。末有畧形器而可驟語夫精微之理者也。如幾何原本諸書。爲歷學萬理之所從出。然其初要自一點一線一平面之解。及其至也。窮高極遠。而天地莫能外焉。今之學歷者。於凡發明器數之書。忽爲平常而不屑寓目。輙希頓悟於要渺之途。譬之登高而不自卑。何由至

也。卽有自命博雅。以格物窮理爲學。然而務大而遺小。務貴而畧賤。夫道無往而不在。豈事物之大與貴者理在。而事物之小與賤者。而理卽不在乎。殊不知形上之理。不越乎形下之中也。今仁之著測天諸儀說也。不惟論其用法。與夫測天之細微。以及推諸天諸星之奧義。其于制作法輕重法堅固法之衆理。亦必詳載而論列之。並精粗表裏。互發而益明也。夫欲儀制之堅固。不在乎尺寸之加廣。

銖兩之加重而徒以粗厚名也大率在于儀徑長短之尺寸與儀體輕重之銖兩相稱而適均乃爲得耳蓋儀之徑愈長則儀愈難承負儀體既重若又加銅以圖堅固則徑反弱而自下垂如赤道黃道經緯諸規兩端懸于南北兩極之軸若銖兩加倍則東西兩半太重必自下垂而不合乎天上所當之平面圈矣若竪立之則上下兩半又下垂而闊圈又類卵形矣其長圓之徑表兩端定處則中心

太重。必自下垂而離南北之徑線。又象限儀之横梁。紀限儀六尺半徑之幹等。皆須與地平線平行。而用權衡之理。依據于中心之一點。若過加銖兩。則兩端必下垂而不合于本圈之徑線。造儀之難正在於此。而儀之準與否。亦即在于此。今更取五金所以堅固之理以明之。夫五金等材堅固之力。必從人之所推移而見。又必從壓之以重物而始見之。姑借方圓柱所承之力以類推焉。凡形之長者。

必有縱徑有橫徑。其縱徑之力。與橫徑不同。儀之中。有方柱圓柱。有長方各樑柱。有長遠表。其中有竪立者。有與地平線平行者。有橫斜用者。縱徑橫徑。各有說焉。今先論縱徑之力。以定橫徑所承之力。西士嘉理勒之法曰。覩于金銀銅鉄等垂線繫起若干斤重。漸次加分兩。至本線不能當而斷。如金及銀之垂線。其橫徑一釐。試加斤兩至二十三斤而斷。又同徑之銅鉄線。試加斤兩至十八斤而斷。

因此法而推論曰。有金銀立柱于此。其橫徑有六厘。必得八百二十七斤之分兩能當之。銅鉄柱。必得六百四十七斤之分兩能當之。有同徑之烏木等材料之立柱。約得一百一十八斤之分兩能當之。如十八圖。葢凡兩柱大小之比例。爲其兩橫徑再加之比例。而其堅固之比例。必與之相同。譬如有金線于此。其橫徑爲一厘若能當二十斤。則一分徑之金線。必能當二千斤矣。葢一厘之徑。與一分

之徑。如一分之徑。與一寸之徑。則一釐之徑。與一寸之徑。如二十斤與二千斤同。是再加倍之比例。從此而推方圓等柱。以其橫徑之所當分兩若干。如十九圖。有方柱豎立爲戊巳。其縱徑僅足拉斷之斤兩。卽辛繫在于巳。又有方柱甲乙丙丁於地平線平行。其大小于豎立之方柱戊巳相同。其橫徑僅足拉斷之斤兩。卽壬繫在於丙。題目辛之斤兩于壬之斤兩。如戊巳柱之縱徑。于甲丙柱之橫半

徑。盔丙丁綫槓杆之類。其支礎在丁。其用力在丙。由此論之。試令本柱之橫半徑丙庚有其縱徑甲乙四分之一。而辛之斤兩。為四千斤。則壬之斤兩。不過一千斤。而原柱依其橫徑必墜斷矣。又有兩長方之柱。見二十圖甲乙丙丁而甲乙之厚面。及丙丁之寬面。兩面于地平綫平行。與兩柱之一端。各有繫于本力相稱之斤兩。如戊與巳。若再加之斤兩。則兩柱必不能當而墜斷矣。題曰甲乙柱厚面之橫

徑。於丙丁柱寬面之橫徑。加倍之尺寸若干。則戊之斤兩。于巳之斤兩加倍若干。解曰。甲乙柱厚面之橫徑。與丙丁柱寬面之橫徑如五與一。因而若巳之重一百斤。則戊之重五百斤矣。有兩柱見二十一圖甲乙丙丁戊巳庚壬其長短等。其粗細不等。其粗柱之堅固與細柱之堅固。有巳壬之橫徑與乙丁之橫徑三加之比例。如乙丁有巳壬三分之一。而細柱之堅固。能當三千斤。則粗柱之堅固。能當八

萬一千斤。因此而推圓柱之長。應加若干之尺寸。以知其不能當本體之重。以知其橫繫于空中時。若釘此一端於壁。則彼一端自弱而重垂下。必橫斷矣。如甲乙柱。見二十二圖橫懸於空中。其長徑五尺。於地平線平行。其本體之重有六百斤。若再加一千斤之重。繫在于丁。則圓柱墜斷。今球應加若干尺寸。以知其自垂而斷之處。依本法之理以論之。若于本柱加一丈五尺共得二丈。則本柱不能當本

體之重自垂而横斷矣總而論之甲乙柱之斤兩與本柱之斤兩並其所繫於丁斤兩之加倍如五尺與二丈一尺七寸之比例今於二丈乙尺七寸再加本柱之長五尺而三倍之其積數共得八丈零乙寸若此數并五尺之數中取中比例數得二丈即所求甲乙柱之尺寸矣從圓或方柱之理可推他類從五金之柱形可推他形并材料又筋系蔴等繩堅固之力同一比例之理以上揔論依勾股

新學叢書 六

之理。方圓等柱堅固之理。今依勾股之弦。斜向之柱。萬變不同。其堅固與否。其自弱而垂下之勢若干。皆照其斜向之勢若干。欲明此理。必須先知方圓等柱。各依勾股各弦之斜向加減。本體之輕重若干。而後可也。詳載舉重學論內。

新儀輕重比例之法

夫儀之重輕與其大小必有一定之比例因其輕重可推而知其大小又因其大小可推而知其輕重凡為輕重者必以其體形相等為主兩物體形相等者彼此有輕重多寡之比不相等者其輕重無相比之定理如有銅球於此其徑一尺不可以為一定之輕重若相等形之他球如同徑之鉄球木球斯可以比之而定其輕重盖鉄球比銅球為輕比木球

爲重也。輕重學有云。凡銅色之球。如皆爲銅或鉄等。其輕重之比例。爲其全徑三加之比例。如有兩銅球甲與乙見二十三圖甲之徑爲二尺。乙之徑爲一尺。若甲球重三千零四十斤。則乙球之重必三百八十斤。因此比例法。從輕推重。從小推大。又從同色之類。推大小之同類。譬如將黃蠟作球。從此蠟圈蠟球之輕重。可推金銀銅等項之同徑球之輕重。凡鑄銅儀先用蠟作各儀之式樣。其法曰。造諸色同徑之體。如球

體或立方體權之得其輕重之差以爲比例之根率。如下表縱橫兩行。列諸色之體名。上邊之横行。從最重起至最輕止。傍邊之縱行。從最輕起至最重止。縱横兩行相遇之方位。所得之數。卽兩同類異色之體輕重之比例也。

異色之體輕重比例表

	金	水銀	鉛	銀	銅	鐵	錫
蠟	十九又二十九分之十九分	十四又二百四十七分之三十二分	十一又二十一分之十八分	十又六十三分之五十一分	九又二十二分之九分	八又二十一分之二分	七又二百○五分之八十九分
水	十九	十三又七分之四分	十一又二分之一分	十又二分之一分	九	八	七又五分之二分
蜂蜜	十三又二十九分之三分	九又二百○三分之七十三分	七又三十九分之三十六分	七又八十七分之二十一分	六又二十九分之六分	五又二十九分之十五分	五又二十九分之三分
錫蠟	二又三十七分之二十一分	一又二百五十九分之二百二十三分	一又七十四分之四十一分	一又二百十一分之四十四分	一又三十七分之八分	一又三十七分之三分	一
鐵	二又八分之三分	一又五十六分之三十九分	一又十六分之七分	一又二十四分之七分	一又八分之一分	一	
銅	二又九分之一分	一又六十三分之三十二分	一又十八分之五分	一又二十七分之四分	一		
銀	一又三十一分之二十六分	一又二百二十七分之六十八分	一又六十二分之七分	一			
鉛	一又二十三分之十五分	一又一百六十一分之二十九分	一				
水銀	一又九十五分之三十八分	一					
金	一						

蜂蜜	一又二百二十分之二百九分	一又二十分之六分	一
木	一又二十分之二分	一	
蠟	一		

此表之用法有二。其一求兩等大異色體之輕重差。其一求兩異色等重體之大小差。兩法從先所引輕重學之一題而生。若求兩體輕重之差。則以其輕体者當一。或斤兩等分。若球本體大小之差。則以其重者當一。假如球蠟與銅輕重之差。蠟比銅輕。則蠟當一。而

蠟銅縱橫。兩行相遇之方內。書在九倍又二十一分之九分。解曰。若蠟球有一斤重。則同徑之銅球有九斤重。又一斤二十一分之九分。欲觀水與水銀之輕重差。則在卷內之十三分又七分之四分可考也。又如水之重約一斤。則水銀相等。有十三斤又一斤七分之四。若儀器銅圈應厚一寸。寬二寸。其徑該六尺長。求其銅之斤兩法曰。先作有一尺徑蠟圈。寬厚與銅大圈相等。因而照前表法。求等

大之銅圈次從一尺之徑圈因而推六尺之徑圈。看新法測量全儀第五卷。然後看前表。凡銅鑄儀其座架并方圓各形之柱表梁等。先無不用蠟而作大小各式樣。因可推其應作銅鉄元柱表梁等各輕重之斤兩矣。凡此係前表之第一用法。今照第二用法。有銅有蠟兩球。輕重相等。求其大小之差。銅球必小當一。而銅蠟縱橫兩行相遇之方內。書在九又二十一分之九分。解曰。銅球之大。與蠟球之大。如一與九又

二十一分之九分。則蠟球包含銅球之大。約九倍半。其餘比例皆倣此。

新儀之重心向地之中心

凡有重體之論。必以其重心為主。所謂重心者。即重物內之一點。而其上下左右兩重彼此相等也。如二十六圖甲乙體內丙點是也。但每重體獨有一重心。儀器則有本形之中心。亦有本體之重心。凡儀器中心。必當天之中。即地之中心也。葢凡推算日月五星二十八宿等。在天所行之度分。必以天之中心為主。從天之中心出線至天上各星。則定某星在本天

大圈之某度分。乃從儀之小圈以測驗之而準其度分。必儀之小圈之度分與在天大圈之度分相應相合。然在天之大圈與儀之小圈之度分。上下既一一相應相合。則在天之大圈與儀之小圈所向之中心。必爲一無二矣。今人用儀之時。雖在於地面之上。而離地之中心。即天之中心。約一萬五千里。其從地面所測天上之度分。即如從地中心測驗之無二。蓋地半徑之差。與天之最高最遠無比。

惟月天畧有可比之理。因有數分地半徑之差而生也。夫儀之重心。以地之中心亦爲定向。蓋凡重物之體。自上直下。必欲至地心而止者是也。試觀二十四圖甲爲地球之中心。乙丙戊皆重物各體皆直下向地心而方止。蓋重性就下。而地心乃其本所故耳。譬如磁石吸鉄。鉄性就石。不論石之在上在下在左在右。而鉄必就之者。其性使然也。何况地之中心。六合內最下之所。物離其中心。不得爲

下。必爲上也。此地道寧靜而永不動之故也。蓋凡謂下者。必遠於天而就地心。凡謂上者。必就天而遠于地心。而地一圓球。懸于空際。居中無著。常得安然。而四方土物。皆降而就于地心之本所。東降欲就其心。而遇西就者不得不止。南降欲就其心。而遇北就者亦不得不止。凡物之欲就者皆然。故凡物相遇之際。皆能相衝相逆。故凝結於地之中心。卽不相及者。以欲就。故亦附麗不脫。致令大地懸

居空際也。如二十五圖。丙爲地心。甲乙兩分各爲之半球。甲東降就其心。乙西亦降就其心。兩半球又各有本體之重心。如丁。如戊。甲東降必欲令本體之重心丁。至丙中心然後止。乙西降必欲其本體之重心戊。至丙中心然後止。故兩半球相遇于丙中心。甲不令乙得東。乙不令甲得西。一衡一逆。勢力均平。遂兩不進。亦兩不能退。而懸居空際。安然永奠矣。譬有一門于此。二人出入。在外者衝欲

開之。在內者逆欲閉之。一衝一逆。爲力均平。門必不動。甲乙半球。其理同也。至四方八面一塵一土。莫不皆然。隤然下凝。職此之由也。

諸儀座架之法

座架者。所以托載重體而免致于傾仆者也。座架之式有二。一直一斜。皆以垂線分别。垂線于座架爲直角者。卽直座也。爲斜角者。卽斜座也。凡座架以重徑線爲平穩之則。夫重徑者。徑過重心之垂線也。其週圍銖兩輕重相均。茲姑舉二題以見例。

第一題

凡物之重徑。在其直座架內。則其物必托載平

穩而無傾仆也。

假如重物甲乙。見二十七圖托於直座架丙丁。而重徑爲戊巳。故重物甲乙。自不傾仆矣。蓋甲戊戊乙。輕重均平。因而甲壬小半。比壬乙大半必輕矣。凡重徑在直座之外。則重物未有不傾仆者。

第二題

於重體或左右加減。或挪移銖兩。則其重心必挪而改移。重心一移。則重徑必隨之而移。衡

人體及禽獸行動之勢。可明而推之于他類也。人體當岾立之時。全托於兩足。其兩足所立之地。愈大而寬。則其身體愈穩矣。人體與獸體之所為托載者。與儀之架座。正同一理。故架座愈寬。則其所托之重物愈穩也。葢物重徑如丙丁。在架座之中。四方離座邊愈遠。則重物愈難仆矣。見二十八圖 夫人以至於獸行動之時。其身體之重心。左右那離不斷。則其重徑亦因之那移而不斷。假如提起右足之時。

其身體必偏於左。而獨托於左足。故其重徑丙丁徑過左足。提起左足之時。其身體偏右。而獨托于右足。設使人竚立時。而提起右足。若不偏身於左。必不能立而仆矣。見二十九圖 又如人坐之時。見三十圖 其胸與股。其股與足皆爲直角。又若人欲起而立。必身體之直角形。變爲銳角之形。即胸并手那移向前而足向後。見三十一圖 自令本體之輕重均分於重徑丙丁之週圍。若不變通其力。使之輕重適均。則如三十

圖之形。而人之身必不能立矣。又如人從地

掀翻不拘何物。其兩足必分開。一前一後。自

令重徑線丙丁。徑過本體之中。如飛禽之上

躍斜坡。張翼而前。下躍斜坡。歛翼而後。而重

徑線丙丁。前後均平。分本體之輕重。乃不致

于身外爾見三十二圖飛禽之頸長者。足必長也。

當禽于空中飛翔之時。引頸而前若干。必伸

足于後若干。而重徑丙丁。正在本體之中。見三十三圖又如山坡所栽之樹。未嘗隨斜坡之形

而斜長。葢必依中徑垂線丙丁豎立而長見三十四圖令其根其幹其枝全依之而立。以免夫傾仆焉。故山坡之斜線甲乙。比山底之平線丙乙雖長。其所容之樹木麥穗等必相等矣。夫物之生成者。依重徑線之理如此。故能保其本體以免於偏仆也。則凡造成之物必法之而以重心重徑爲座架也固宜。

製儀之器與法

凡測天之儀。必極其精良靈巧。以準合乎天行之細微。而轉動以適於用。則其事乃善。是故。製儀者。欲善其事。則必備諸精妙之利器。而隨其式變通以作之。以務合乎其宜焉。則製器之能事畢矣。今姑舉其作法之次第如左云。

凡儀之大圈。必依其大小之尺寸鑄造之後。則以十字架粗木定其中心。而照第三十五圖

以爲立飛輪之形安于架上轉動之去其模而大約歸于圓其圈愈大而重旣懸于中心之軸則其轉動愈易而且疾矣蓋重物之勢使然耳其次則置圈于別架之上務與地面相平而照圈圓形左右作楡木圈于弧內安定刮刀約二十許見三十六圖刮刀架以重石緊壓銅圈面上用騾馬之力以轉動刮刀之輪而圈之上下兩面務爲刮平又騾馬週圍轉動自行有大圈之路以其大圈之半徑與銅

圈半徑之比例若干。則知騾馬用力于刮刀重壓之斤兩若干矣。又刮刀輪。必須預備磨刀輪法。見三十七圖　其作法。其轉動之勢。并其所用力之比例。與刮刀輪之理無二。但刮刀架之下安磨石。而上安壓石。于壓石之上。又安自漏水筩。以便于磨平之用。見三十八圖　如刮刀輪與平磨輪之功已畢。則銅圈內再定中心。此中心應定于鋼片上。而鋼片則穩釘重大之木上。而在銅圈之正中。見三十九圖　其木之兩

端。不可抵于圈。須稍離一間。否則失其圜形矣。次用兩螺旋轉。展縮其定規。見四十圖甲乙其前後兩端。螺柱之下定心。并畫圈線之表皆爲鋼尖表。一表定中心。一表循鋼圈過圜內外過不及之中邊。而內外劃兩界線之圈。此面已定。則又于本圈之下面。亦劃兩界線圈。而與上面之圈正相對。若不正對。則內外銅圈邊必斜。其上下兩面之圈及度數不出於一圈之同心。而以之測天。則大舛矣。故圜圈

應竪立而用上下對面線之比例見四十一圖下而之上。定內外邊界線與上下之界線正對。然後照前法畫內外邊之界線。次本圈又竪立而用細齒之鋼鋸。照內外之界線鋸解其粗模。見四十二圖又次用粗細各銼。以銼圈之內外邊爲平圓。至內外界線而止。次本圈又橫置與地面相平。而用極細之銼。四面平磋之。令上下各相對之面。平合于內細微之線。又次以細微之徑線爲準。則從兩相對處緊合

之。令其相交于圈之中心。見四十三圖四面皆準合於此。則本圈各兩相對弧可代測天之表。而可準對于分秒之細微。至天體之球。則必鏇之而後得圓。其鏇之之法。與他圈同。見四十四圖諸圈類此。皆須于上下橫竪反覆而經百手。則其工之大端得矣。乃于其四面上。依法劃圈線度數分秒。然後諸圈樺對。令其中心相合。歸于一點。卽天體之中心。而上下左右各分秒。揔歸于全儀之一心。見四十五圖務令各

圈四面相對之半徑。皆出于一球之中心。此作儀之難也然而儀之合天之細微。亦即在此。如天球黃赤各儀。安于子午圈南北兩軸。若其軸。纖毫不對於子午圈之中心。則球必偏于東西。蓋照子午圈正面於球面上下相對處畫線。而轉球。令上變下。則上相對時。下必有過不及之差。欲正之。必須那移南北之軸。子午圈向內向外。以其過不及之差若干為主。法曰。依此全差四分之一。而那軸。則得

其宜。其畫圈度數分秒等線之規短。并取直取平取方取圓等比例尺甚繁。一併繪圖。見於別卷。

新儀運用莫便於滑車

用滑車之法而運動儀器。其便有二。省人力一也。儀器不致于損傷二也。其省人力者何。蓋凡人之起重。必力與其重相等。如一百斤之重。必須一百斤之力。始足以當之。今法止用一輪之滑車。而力之半能起重之全。則五十斤之力。能當一百斤之重。若用二輪之滑車。則是以力之四分之一而能當全重。即二十五斤之力。能起百斤之重也。三四等輪之比

例皆倣此假如用一對滑車又須用兩根架而一近一遠置之其近者傷于所動之重物而遠者離于重物也今論一對滑車以定其加力之比例則以近架爲主葢近架內小輪若干則力必加倍若干也但比例有二其一平分者以平分之數解之如四六八等其一不平分者以不平分之數解之如三五七等依二法安定滑車則各有不同矣如依平分之比例安定倍力之滑車（見七十一圖）其所倍力

之數若干平分。而以其數之半若干。於近架內安定小輪若干。而其繩之一端。則必繫于遠架。若依不平分之比例。安定倍力之滑車。于倍之數減一。而餘數之半。卽爲近架小輪之數。而其繩之一端。則必繫於近架也見七十二圖如上滑車近遠兩架通用一繩。而其一端。止繫于一處。其倍力之比例皆如此。若其小輪。則每一輪各用別繩而各繩之一端。又各有安定之處。則其倍力之比例爲更大焉。見七

十三圖 假如重物在庚。滑車各繩定于甲乙丙丁。人力在戊。則加十六倍。葢依滑車之力也。若人力在巳。則與重物相等。在辛則加二倍。在壬則加辛之力二倍。巳之力四倍。在癸則又加壬之力二倍。卽巳之力八倍。葢遞加新輪。則遞加倍力有如此。此滑車之輪法。假若倒用。而以重物之所在爲人力之所在。則重物之斤兩加倍若干。而起之速亦加倍若干。

見七十四圖 假如用爲水筩。乙爲人力。按此輪法

人手拉繩至五尺以下。則盈水之筩。卽起有四十尺之高。而手動五尺之時。水筩已去四丈之遠。可知其速巳。

其儀器不致于傷損者何。夫儀器愈廣大。則用以測天愈精微。但其廣大若干。而其重之斤兩亦若干。若無法以運動之。則未有不崩墜而觸損者矣。故紀限儀之大弧象限儀之長大表等運動之。皆用滑車之法。見七十五圖蓋滑車輪多。近遠置以兩架。用一繩以多繞而

相連之雖其重大而有垂壓之勢然因其繩繞之糾纏而勢不能驟開必有先後漸次焉故儀器用滑車以絞動設縱偶有脫手其繩必不能驟開而致有崩墜觸損之患矣葢滑車之理小輪兩架繩繩若干則其用力加倍亦若干又拉重者比其所拉之重行動之捷若干則其力亦必加倍若干故滑車之繩一端若繫于近架拉重則更加其力矣

又用多輪之滑車一對不如用單輪之滑車

兩對。其所倍之力更大。假如一對滑車。其近遠兩架各四輪。則共八輪。其力之加大為十倍。今有兩對相連之滑車。其近遠兩架各有二輪。則共八輪與前同。而其力之加倍為二十五倍。與前大不同也。凡用滑車運動最重之物。必須絞架。所以倍加其力也。假有相連兩對之滑車于此。各有四輪。而有人在丙用四十斤之力。則能動一千斤之重。若又添絞架。其絞柄于其絞柱之徑。如十與一。則以四

十斤之力。能動二萬五千斤之重。故絞架與滑車。互相爲用也。若獨用絞架。則其所繞絞柱之一单繩。不足以當二萬五千斤之重。若獨用滑車。則其諸繩雖足當乎重物。而其倍力之比例。實不及矣。若用絞架連用滑車。則合力當之而有餘焉。又其所繞絞柱。雖仍有一单繩。而此一繩。則能當雙繩相連八繩之力也。凡此倍力之所以然。詳見舉重學內。茲不具載。

新儀用輪相連以便運動

天體紀限諸儀皆宜用輪相連法以便運動之。葢天體儀之廣大重四千斤。其妙用在可對乎天下各省北極之高度。夫人之目雖不離於

京師觀象臺之一處。然究其可見者。則在各省之天象與在一處無異也。故特用大小輪法。以便運動而對於各處北極之高度。用此輪法。則用四斤之力。而能運四千斤之天體也。

若紀限儀原爲百遊之儀。亦用此輪法。以便對於天之正斜左右上下。百遊之方向而轉動之。所爲輕便者。在大小輪相連一定之比例。蓋大輪之徑。比小輪之徑天寸有若干。見八十四圖則卽省轉動之力有若干。如有輪架五對。每一對有大小兩輪。同在一軸。每大輪與其小輪之比例。如五與一。五對輪相連大撥小而同爲五倍相連之比例。今推算其力。如有一孫子于此。止能用一斤之力。若用此輪

法則能起二百九十八萬五千九百八十四斤之重。曾照此法。造小輪架。以為引重。其長不及二尺。其濶深不及一尺。內有三等輪與三軸。彼此相通相撥。獨用一絲繩。以轉動之。而拉重物。勝于數十人之力焉。其所以然之故。則詳見所論重學諸題。

新儀用螺旋轉以便起動

諸儀中最有力者。螺旋轉也。其作法之巧妙。與用法之廣大。及其運動省力之理甚微。故新造之諸儀俱用之。螺旋轉上端。用絞柄開之旋之。緊鬆之。其絞柄之尺寸比螺旋轉之半徑若干。則其省力亦若干。如新儀并座架共有四五千斤之重。令用一寸徑之螺旋轉。又加一尺之絞柄。則雖一孺子用數斤之力。而即能起動之。若照比例相連之法。用螺旋轉

彼此相撥之法。則用一斤之力者。而可以起數萬斤之重也。蓋此相撥之器具一動。而有無所不動之勢。故其力爲甚大也。其螺旋所以省力之故。則在勾股形之弦與股。一定之比例。見八十七圖并詳于舉重學內。則其本論爲甚明也。